

Медицинская диагностическая интеллектуальная система распознавания функционального состояния человека

М.С. Мазинг^{1,2}, А.Ю. Зайцева¹, Ю.Я. Кисляков¹, В.В. Давыдов^{2,3}

¹Институт аналитического приборостроения РАН, Ивана Черных 31-33, Санкт-Петербург, Россия, 198095

²Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Политехническая 29, Санкт-Петербург, Россия, 195251

³Всероссийский научно-исследовательский институт фитопатологии, Институт, 5, Большие Вяземы, Россия, 143050

Аннотация

Представлена разработка медицинской интеллектуальной оптической системы автоматизированной оценки кислородного статуса тканей и распознавания общего функционального состояния человека. Работа системы основана на оптических свойствах физиологических форм гемоглобина и способна осуществлять обработку биосигналов, регистрируемых оптическим многоканальным датчиком оптоэлектронного блока системы для получения кислородного цифрового образа тканей человека с последующим использованием методов интеллектуального анализа данных и машинного обучения. Полученные экспериментальные результаты исследования имеют информативную интерпретацию и позволяют продемонстрировать возможности и преимущества применения интеллектуального анализа данных в медицинских системах экспресс диагностики.

Ключевые слова

Интеллектуальная диагностическая система, кластерный анализ, функциональное состояние, гипоксия

1. Введение

Использование интеллектуальных технологий расширяет возможности современной медицины и предоставляет инструменты для создания новых автоматизированных медицинских систем и обработки информации, в частности в области экспресс-диагностики [1, 2]. Одним из факторов хорошего функционального состояния любой биологической системы является адекватное обеспечение тканей и органов кислородом, а также устойчивость биосистемы к кислородной недостаточности (гипоксии) [1]. Гипоксия, возникающая в условиях воздействия экзогенных и эндогенных факторов на организм, может привести как к метаболическим, так и функциональным отклонениям биологической системы. Важным в этой ситуации является определение болезни на ранней стадии, например, с использованием экспресс-методов [1, 3]. Целью работы является разработка интеллектуальной неинвазивной системы медицинской экспресс-диагностики, которая позволяет автоматизировано распознавать функциональное состояние человека по динамике изменения кислородного статуса тканей в течение функциональной нагрузки.

2. Метод и диагностическая система

В качестве неинвазивного измерительного устройства используется разработанный нами оптоэлектронный блок, регистрирующий поглощение и обратно рассеянное излучение в тканях, и включающий в себя многоканальный оптический анализатор спектров и источник оптического излучения [3]. Метод основан на способности окси- и дезокси- гемоглобина поглощать различные длины волн. Измерения можно проводить на разных участках тела человека: на кисте руки, шее и т.д. Результатом измерения является кислородной цифровой

образ человека, состоящий из показаний датчиков многоканального анализатора спектров, зарегистрированных в различные моменты времени в течение физической или функциональной нагрузки. Математическими методами кластеризации интеллектуального анализа данных и машинного обучения кислородные цифровые образы могут быть объединены в группы (кластеры) по принципу «схожести».

3. Результаты

В результате эксперимента с участием 31 молодого человека при функциональной нагрузке были получены кислородные цифровые образы. Была выполнена обработка результатов различными методами интеллектуального анализа данных: МГК, иерархическими и неиерархическими алгоритмами кластеризации, используя нейронную сеть Кохонена. На рисунке 1 представлен результат кластеризации иерархическим методом k-средних.

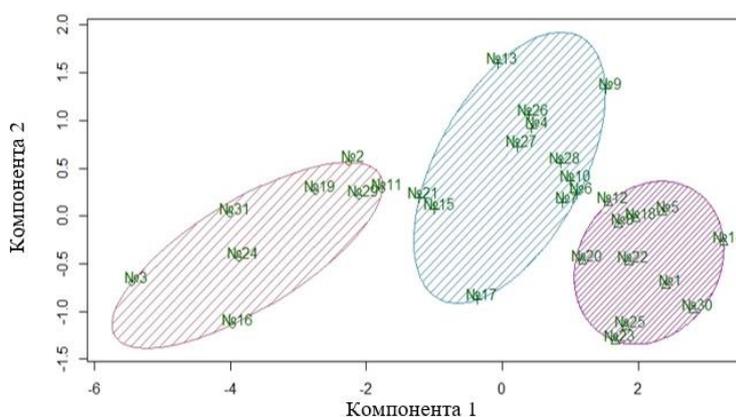


Рисунок 1: Результат кластеризации 31 испытуемого методом k-средних в двумерной системе двух главных компонент

В результате анализа испытуемые были разделены на 3 группы с различным уровнем устойчивости организма к гипоксии. Группа испытуемых с низкой устойчивостью обладает неудовлетворительным функциональным состоянием организма, что свидетельствует о необходимости дополнительного медицинского обследования. Результаты подтверждаются независимым медико-биологическим исследованием. Результаты кластеризации испытуемых разными методами подтвердили тенденцию испытуемых к группированию и позволили произвести оценку устойчивости и качества созданного кластерного решения.

4. Заключение

Полученные результаты позволяют рекомендовать разработанную неинвазивную диагностическую систему для определения функционального состояния человека и оценки кислородного обеспечения тканей. Система может применяться в качестве аппаратно-программного комплекса поддержки принятия врачебных решений, а также как автоматизированная система экспресс диагностики.

5. Благодарности

Исследование выполнено в рамках Государственного задания № 075-01073-20-00.

6. Литература

- [1] Grevtseva, A.S. Method of assessment the degree of reliability of the pulse wave image in the rapid diagnosis of the human condition / A.S. Grevtseva, K.J. Smirnov, K.V. Greshnevikov, V.Yu Rud, A.P. Glinushkin // Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – Vol. 1368(2). – P. 022072.
- [2] Чопоров, О.Н. Особенности применения методов интеллектуального анализа данных и многоуровневого мониторинга при решении задачи рационализации медицинской помощи / О.Н. Чопоров, С.В. Болгов, И.И. Манакин // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2015. – № 1(8). – С. 2.
- [3] Зайцева, А.Ю. Мультисенсорная оптическая система неинвазивного контроля кислородного обеспечения тканей человека при функциональной нагрузке / А.Ю. Зайцева, М.С. Мазинг, Ю.Я. Кисляков // Научное приборостроение. – 2020. – Т. 30, № 4. – С. 106-112.